

## xDSLの国内ケーブルでの適用について NEC 小山

### 1. はじめに

インターネットの普及などにより、アクセス系（電話局と加入者宅内間の伝送系）の高速化が求められている。現在、普及しつつあるTCM-ISDN方式（ISDNの基本インタフェース信号をメタリックケーブルを使用してデジタル伝送する技術、TCMは、Time Compression Multiplexing）はそうした要求に答える技術の一つである。同方式は既に200万回線以上が利用されており、年間50%程度の伸び率で急増している。TCM-ISDN方式では、AMI符号、ピンポン伝送方式により160kbpsの対称伝送を行っており、現在最も広く使用されている音声帯域モデムに対して2倍程度の伝送速度を実現している。しかし、電話加入線の理論上の速度限界を損失特性と漏話雑音特性から計算してみると、実際には、1Mbps以上の伝送速度が可能であり（対称伝送、自己漏話条件）メタリックケーブルの伝送線路としての性能限界にはまだ達していないことがわかる。こうした背景のもとに電話線を利用したより高速なデジタル伝送の実用化のための技術研究が継続的に行なわれてきた。最近の研究の結果、DMTなどのより高度な変復調方式を使用することにより、対称伝送（上り下りの伝送速度が等しい伝送方式）の条件下では1Mから2M程度、非対称伝送（上り下りの伝送速度が異なる伝送方式）を許容するのであれば、伝送距離の制限はあるが、6Mbps程度まで実現可能であり、また、伝送距離をさらに短くすれば数十Mbpsも可能であることが明らかとなった。こうした結果を踏まえてメタリックケーブルを伝送媒体とする高速デジタル伝送方式の標準化、フィールドトライアルが行われており、実サービスも徐々に始まっている。その一方で、こうした検討、フィールドトライアルなどが進むに従い、国、地域ごとにメタリックケーブルの特性とxDSLに求められるサービスの内容が異なっており、期待された性能を得るためには、それぞれのメタリックケーブルの特性、サービス要求条件に基づいた伝送方式の最適化が必要であることも明らかになりつつある。本稿では、こうした状況を踏まえてxDSL技術の概要を紹介するとともに、特に、国内でxDSL技術を適用する場合の日本特有の雑音環境について説明し、この特殊雑音への対処方法についても述べる。

### 2. xDSLの概要

xDSL（DSLは、Digital Subscriber Line）は、メタリックケーブルを伝送媒体とする高速デジタル伝送方式の総称である。**図1**に主なxDSLについてまとめた。これらの伝送方式の中でもHDSL、ADSL、VDSLが代表的である<sup>[1][2][3]</sup>。最近、ADSLを簡略化し、パソコンによるインターネットアクセスに適した仕様に変更したADSL Liteも注目されている。

ここでは、ADSLを取り上げ、以下にxDSL技術の概要を説明する。ADSLを使用したアクセスシステムの代表例を**図2**に示す。同図の中で、ATU-C、ATU-Rはそれぞれ

局内、宅内に設置されるADSLの送受信器である。SPLITTERは、アナログ電話信号あるいはISDN信号を周波数域で分離するためのフィルターである。このフィルターにより既存の電話サービス、ISDNサービスを継続的に使用しながら、ADSLによる高速デジタル伝送を行なうことが可能となる。

xDSLはもともと北米の標準を決めているANSI (American National Standards Institute) で仕様検討が行なわれてきたが、その後ETSI (European Telecommunication Standards Institute) での標準化が行なわれ、最近になって、ITU (International Telecommunication Union) の中でもこれらの伝送方式の仕様の標準化が行なわれつつある。また、ADSLフォーラム、UAWG (Universal ADSL Working Group) などの団体も設立され、それぞれxDSLを前提とした上位レイヤの検討、ADSL Liteの検討を行なっている。

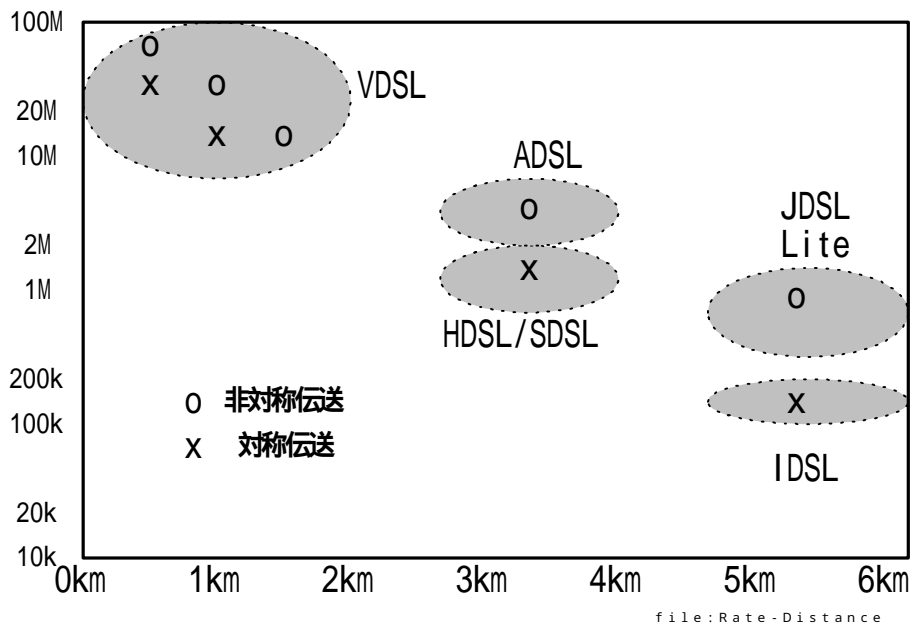


図1 主なxDSLの伝送距離と伝送速度

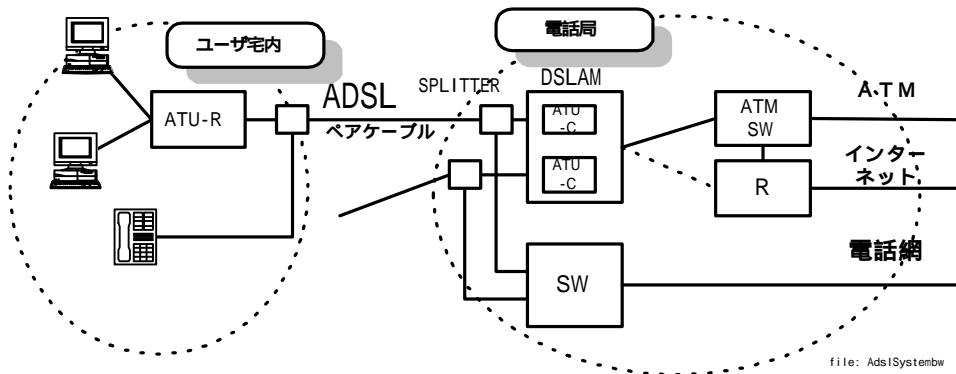
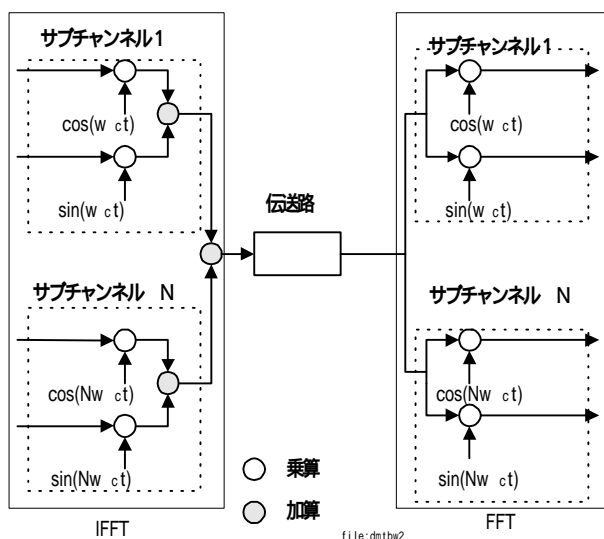


図2 ADSLのアクセスシステム例

A D S Lで使用される代表的な変復調方式としてDMT方式がある。DMT方式はマルチキャリア変復調方式の一種であり、**図3**に示した信号処理系で構成される。これは周波数軸上に等間隔に配置された複数のキャリアによるQ A M（直交振幅変調）方式と見ることができる。実際の送信器は逆フーリエ変換、受信器はフーリエ変換をI F F T、F F Tのアルゴリズムにより実現する。各サブチャンネルに割り当てられる送信ビットの数は、各サブチャンネル毎の信号対雑音比に応じて決定される。ビット割り付けの例を**表2**に示す。なお、信号対雑音比の測定は送受信器トレーニング手順の中で自動的に行なわれる。



**図3** DMT方式による変復調

**表2** ビットマップの一例(一部を示す)

下りサブチャンネル番号	SNR	割当ビット数
65	17.9	2
66	18.7	2
67	19.6	3
68	20.7	3
69	22.0	3
70	23.6	4
71	25.8	4
72	28.9	5
73	33.9	7
74	49.2	12
75	37.2	8
76	30.0	6
77	26.0	4
78	23.3	4
79	21.1	3
80	19.4	2
81	17.9	2
82	16.6	2
83	15.5	2
84	14.5	0

既に触れたように、メタリックケーブルの伝達特性、雑音特性は国、地域ごとに異なっており、また、xDSLで実現する通信サービスも違うため、特定の国、地域で採用された方式をそのまま別の地域に持ち込んでも、必ずしも、性能上、サービス上最適な伝送システムとなるとは言えない。例えば北米ではT1サービス（メタリックケーブルを使用した1.5M専用線サービス）が広く使用されておりxDSLへの主要な雑音となる。日本国内での適用を考える場合には1.5M専用線は主に光伝送方式により提供されているため問題とならない。日本国内ではADSLへの主な雑音は、ISDNサービス用にアクセス系で広く使用されているTCM-ISDN伝送からの漏話である<sup>[5]</sup>。十分な性能を得るためにはこのTCM-ISDNからの雑音特性に対する適応性をもった伝送方式が必要となる。これにはいくつかの方式があるが、その一例として以下で“デュアルビットマップ方式”について説明する。

### 3. TCM-ISDNからの漏話雑音の影響

国内のISDNはTCM方式（ピンポン方式）による、単一ペアケーブル上での全二重化を行っている<sup>[4]</sup>。図4に動作原理を示す。

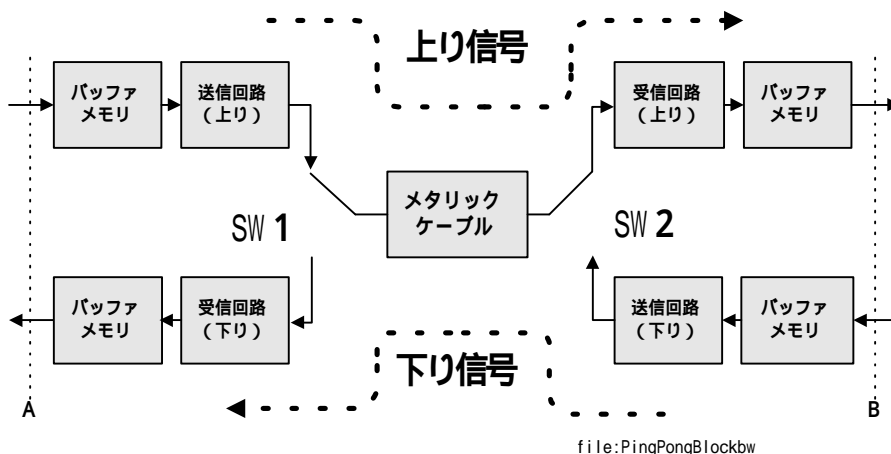
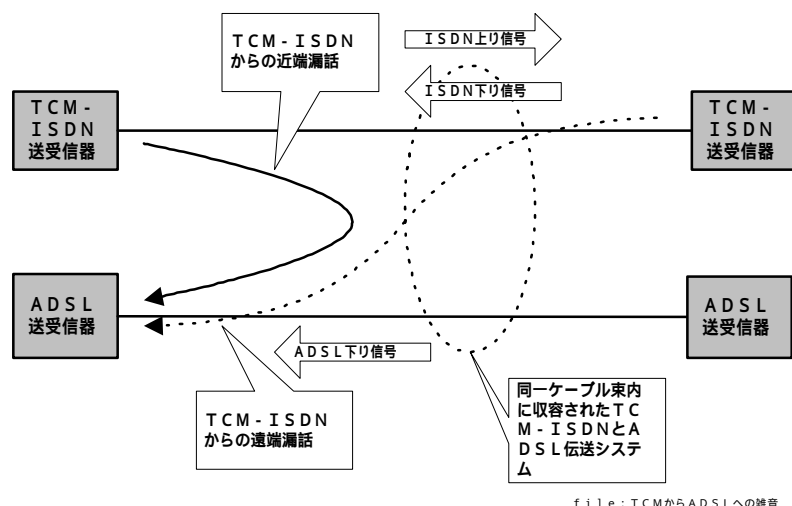


図4. ピンポン方式による全二重化原理図

同図においてSW1, 2は同期して動作するスイッチである、信号を上り方向に伝送する場合には2つのスイッチは本図の位置にあり、上り送信回路と上り受信回路との間で信号の送受信が行なわれる。一定量の情報が上り方向に伝送されると、2つのスイッチは同期して反対側の接点に接続され、下り送受信器の間で信号の伝送が行なわれる。この動作を交互に繰り返すことにより、単一のメタリックケーブル上での全二重通信が可能となる。メタリックケーブル上でパースト的に送受信される上り信号と下り信号は、各送受信回路に付属するバッファメモリに一旦保持され、A, B間では時間的に均一なデータフローが得られる。

同方式によるISDN伝送システムをメタリックケーブル上で見ると信号は、上り方向と下り方向の信号が交互に伝播することになる。従って、隣接したケーブルを使用している伝送シ

システム例えばADSL伝送系に対しては近端漏話と遠端漏話雑音を交互に発生させることになる。**図5**、TCM-ISDNからの近端漏話は他の雑音と比べ非常に大きくADSLの性能を著しく劣化させる<sup>[5]</sup>。

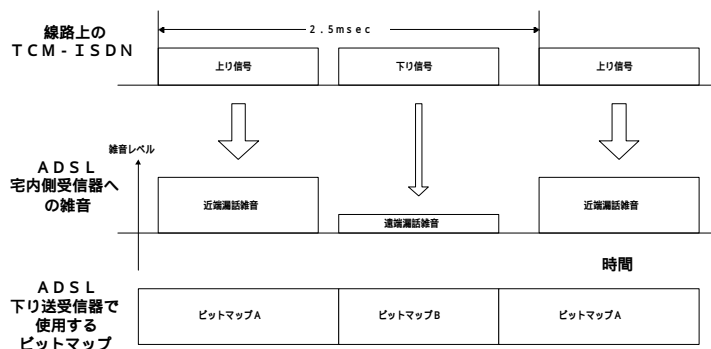


**図5. TCM-ISDNからADSLへの漏話雑音の発生原理図**

#### 4. “デュアルビットマップ方式”による解決案

前述の様に、通常のADSLではDMT変復調方式の各サブチャンネルへの送信ビットの割り当て用テーブル(ビットマップ)は1つである。これに対して、デュアルビットマップ方式(DBM-ADSL)では、ビットマップを2種類用意し、上記の周期的に変化する雑音環境下で、雑音量の大きい時間帯には減少させ、雑音量が少ない時間帯には増加させることにより平均的なADSLの伝送量を最大化する。デュアルビットマップ方式以外にもADSL自体をピンポン方式にする方法もある(TCM-ADSL方式)。この方法では、**図6**のビットマップAの期間に送受信を停止する。**図7**に各方式ごとの伝送性能を示す。本検討に使用したパラメータを**表3**に

示す。



file:TCM\_ADSL\_noise

**図6. ADSL受信器への雑音の時間変化と”デュアルビットマップ方式”**

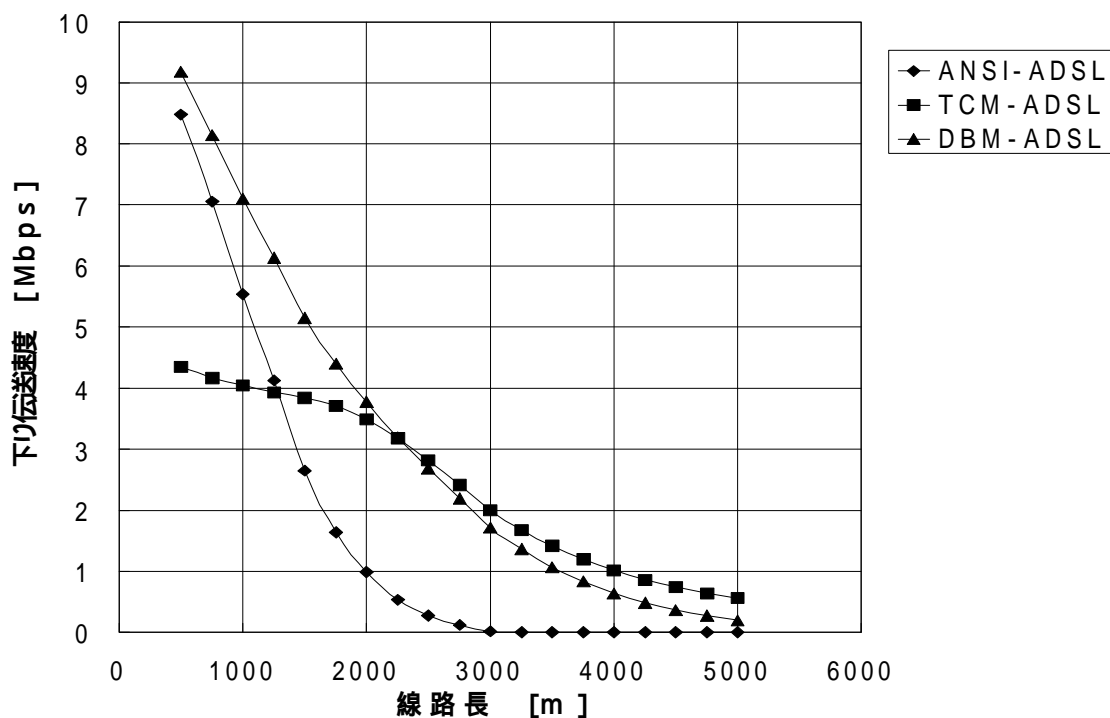


図7 TCM - ISDN雑音環境下でのADSLの最適化方式の比較

表3 図7のシミュレーションに使用した各種パラメータ

	TCM-ADSL		ANSI-ADSL DBM-ADSL	
	上り、下り	下り	上り	下り
ケーブル	0.4mm紙ケーブル			
近端漏話減衰量(100kHz)	47.0dB			
遠端漏話減衰量(100kHz)	45.0dB			
背景雑音	-140dBm/Hz			
シンボルレート	4kHz			
最大ビット数	15bits			
最小ビット数	2bits			
使用サブキャリア上限	256	256	31	
使用サブキャリア下限	6	33	6	
送信電力	-40dBm/Hz	-40dBm/Hz	-38dBm/Hz	
マージン	6dB			
コーディングゲイン	3dB			
オーバーヘッド	160kbps	160kbps	64kbps	

図7から明らかな様に、TCM-ISDNが同一ケーブル束内で隣接している条件下で、ANSI標準による方式をそのまま使用すると伝送性能が極端に劣化する。これに対して、DB

M ADSL方式ないしはTCM-ADSL方式を使用することにより性能は大幅に向上することがわかる。

## 5. まとめ

メタリックケーブルを使用した、高速デジタル伝送技術であるxDSLについて、ADSLシステム、DMT方式を代表例として取り上げ概要を説明した。

また、国内で使用する場合に問題となるTCM-ISDNからの漏話雑音環境の下で、ADSLの特性を改善する方法として”デュアルビットマップ方式”(DMB)についても説明し、ADSLの基本方式に対して、ビットマップを複数使用する修正により特性の向上が得られることを示した。なお、同方式は現在ITU-Tに提案中である<sup>[6][7]</sup>。

## 6. 参考文献

- [1] ANSI TR28, Technical Report No.28; *High-Bit-Rate Digital Subscriber Line(HDSL)*, Committee T1-Telecommunications, 1994.
- [2] ANSI T1.413-1995, *Network and Customer Installation - Asymmetrical Digital Subscriber Line(ADSL) Metallic Interface*, Committee T1-Telecommunications, 1995.
- [3] ANSI T1E1.4/98-036 *VDSL Alliance SDMT VDSL Draft Standard Proposal*, 1998.
- [4] ビンボン方式ISDN(TTC)TTC JJ-70, 10(1994-11).
- [5] 木村, 大可原, 城戸, 山野, ”ISDN回線のDMT-ADSL方式に及ぼす影響”, 1998年電子情報通信学会総合大会 B-8-54, 1998.
- [6] ITU-T G.dmt DRAFT *Transmission System and Media; Digital Transmission System on Metallic Local Lines for High-Bit-Rate Asymmetrical(ADSL) Services*, 1998.
- [7] ITU-T G.lite DRAFT *Transmission Systems and Media; Digital Transmission System on Local Lines for Low Bit-Rate Asymmetrical(ADSL) Services*, 1998.

## 7. 著者紹介

小山 徹 (会員) 昭和24年12月7日生まれ。昭和50年東京工業大学電子物理工学科修士課程修了。  
同年日本電気(株)入社。主として、DDN、INS、PHS、海外ISDN等の加入者系デジタル

伝送技術の開発に従事。現在、同社データ通信事業部・第三開発部担当部長。  
IEEE COMSOC、電子情報通信学会会員。

(受付日：1998年11月3日)